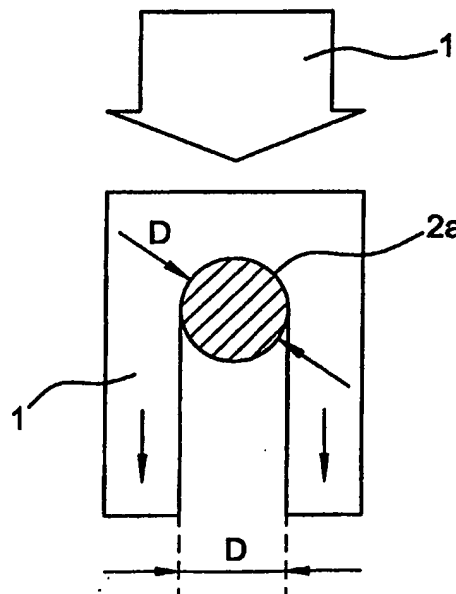


B43



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : B23K 26/06</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/05026</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. Februar 2000 (03.02.00)</p>		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none; padding: 5px;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04965</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 14. Juli 1999 (14.07.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 33 368.4 24. Juli 1998 (24.07.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser GB JP KR SG US): SCHOTT GLAS [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, D-55122 Mainz (DE).</p> <p>(71) Anmelder (nur für GB KR SG): CARL-ZEISS-STIFTUNG trading as SCHOTT GLAS [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, D-55122 Mainz (DE).</p> <p>(71) Anmelder (nur für JP): CARL-ZEISS-STIFTUNG [DE/DE]; D-89518 Heidenheim an der Brenz (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BERNDT, Andreas [DE/DE]; Taunusstrasse 11, D-55118 Mainz (DE).</p> <p>(74) Anwälte: FUCHS, Jürgen, H. usw.; Abraham-Lincoln-Strasse 7, D-65189 Wiesbaden (DE).</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none; padding: 5px;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, ID, JP, KR, RU, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p> </td> </tr> </table>			<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04965</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 14. Juli 1999 (14.07.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 33 368.4 24. Juli 1998 (24.07.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser GB JP KR SG US): SCHOTT GLAS [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, D-55122 Mainz (DE).</p> <p>(71) Anmelder (nur für GB KR SG): CARL-ZEISS-STIFTUNG trading as SCHOTT GLAS [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, D-55122 Mainz (DE).</p> <p>(71) Anmelder (nur für JP): CARL-ZEISS-STIFTUNG [DE/DE]; D-89518 Heidenheim an der Brenz (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BERNDT, Andreas [DE/DE]; Taunusstrasse 11, D-55118 Mainz (DE).</p> <p>(74) Anwälte: FUCHS, Jürgen, H. usw.; Abraham-Lincoln-Strasse 7, D-65189 Wiesbaden (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, ID, JP, KR, RU, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04965</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 14. Juli 1999 (14.07.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 33 368.4 24. Juli 1998 (24.07.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser GB JP KR SG US): SCHOTT GLAS [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, D-55122 Mainz (DE).</p> <p>(71) Anmelder (nur für GB KR SG): CARL-ZEISS-STIFTUNG trading as SCHOTT GLAS [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, D-55122 Mainz (DE).</p> <p>(71) Anmelder (nur für JP): CARL-ZEISS-STIFTUNG [DE/DE]; D-89518 Heidenheim an der Brenz (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BERNDT, Andreas [DE/DE]; Taunusstrasse 11, D-55118 Mainz (DE).</p> <p>(74) Anwälte: FUCHS, Jürgen, H. usw.; Abraham-Lincoln-Strasse 7, D-65189 Wiesbaden (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, ID, JP, KR, RU, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>			
<p>(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING COMPONENTS MADE OF BRITTLE MATERIALS</p> <p>(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEARBEITUNG VON BAUTEILEN AUS SPRÖDBRÜCHIGEN WERKSTOFFEN</p> <p>(57) Abstract</p> <p>During the processing of components made of a brittle material, notably glass, preferably by means of laser beams, it is essential to achieve a suitable intensity distribution in the laser beam or in the focal point on the component surface, by appropriate beam guidance and formation. According to the invention a specified intensity distribution in the beam (1) is defined by a rotationally symmetrical internal attenuation of the beam using an appropriate diaphragm (2a). This measure allows for the economical and low-adjustment creation of a plurality of suitable intensity distributions within the beam. The invention is preferably used in laser cutting and machining.</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Bei der Bearbeitung von Bauteilen aus sprödbrechigem Material, insbesondere von Glas, vorzugsweise mit Laserstrahlen, kommt es wesentlich darauf an, durch eine entsprechende Strahlführung und -formung eine anwendungsgünstige Intensitätsverteilung im Laserstrahl bzw. im Brennfleck auf der Bauteiloberfläche zu erzeugen. Gemäß der Erfindung erfolgt eine Vorgabe einer bestimmten Intensitätsverteilung im Strahl (1) durch eine rotationssymmetrische innere Abschattung des Strahles mit einer entsprechenden Blende (2a). Diese Maßnahme ermöglicht eine kostengünstige und justagearme Erzeugung einer Vielzahl von geeigneten Intensitätsverteilungen im Strahl. Anwendung findet die Erfindung vorzugsweise beim Laserstrahlschneiden und -spanen.</p>				



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Verinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung von Bauteilen aus sprödbrüchigen Werkstoffen

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bearbeitung von Bauteilen aus sprödbrüchigen Werkstoffen, insbesondere aus Glas oder Glaskeramik, mittels eines hochenergetischen elektromagnetischen Strahles, vorzugsweise eines Laserstrahles.

Die Erfindung bezieht sich ferner auf eine zugehörige Vorrichtung zur Bearbeitung derartiger Bauteile mittels eines derartigen Strahles.

Bei der Bearbeitung von Bauteilen aus Glas, Glaskeramik, Keramik und anderen sprödbrüchigen Werkstoffen, werden immer häufiger Laserstrahlverfahren eingesetzt, wobei grundsätzlich auch eine andere Strahlung, z.B. eine Mikrowellenstrahlung, Anwendung finden kann. Der Einfachheit halber wird jedoch im folgenden nur die Laserstrahlung angesprochen. Für die anderen Strahlungen gilt entsprechendes.

So kann mittels eines Laserstrahles beispielsweise ein Glaskörper durchtrennt werden. Ein derartiges Verfahren zum sogenannten Laserstrahlschneiden ist beispielsweise aus der DE 43 05 107 A 1 und der DE 197 15 537 A 1 bekannt geworden.

Es ist aber auch bekannt, einen Laserstrahl zur Erzeugung feiner Strukturen in einem Glaskörper zu erzeugen, indem das zu entfernende Werkstoffvolumen in

Form von Spänen abgelöst wird. Ein derartiges sogenanntes Laserstrahlspanen ist beispielsweise aus der DE 42 00 656 C 1 bekannt geworden.

Sowohl bei dem Laserstrahlschneiden als auch bei dem Laserstrahlspanen kommt es darauf an, durch eine entsprechende Strahlformung und -führung eine günstige Intensitätsverteilung im Laserstrahl bzw. im Brennfleck auf der Bauteiloberfläche zu erzeugen.

So sieht die zitierte DE 43 05 107 A 1 für das Laserstrahlschneiden eine Schlitzblende mit variablem Spalt im Laserstrahlengang unter Erzeugung eines länglichen Strahlquerschnittes vor, wobei das Verhältnis von Länge zu Breite des Querschnittes einstellbar ist. Da die Schlitzblende als beugendes Objekt wirkt, entsteht dabei eine Intensitätsverteilung in Form zweier ausgeprägter Maxima und einem Minimum im Zentrum, d.h. in Form eines sogenannten Doppellinienfokusses.

Bei diesem bekannten Verfahren sind jedoch die Möglichkeiten zur Variation der Form des Brennflecken begrenzt. Ferner ist der erforderliche Justageaufwand sehr hoch. Eine Schwankung der Laserstrahlrichtung durch thermische Drift der Strahlquelle erfordert zudem eine dynamische Justage.

Bei dem Verfahren nach der DE 197 15 537 A1 wird ein Brennfleck mit V- bzw. U-förmiger Intensitätsverteilung verwendet. Dies kann in der Weise erreicht werden, indem entweder ein Laserstrahl mit homogener Intensitätsverteilung durch Scannen über die Werkstückoberfläche geführt wird oder indem der aus einem im TEM 01*-Mode arbeitenden Laser austretende Laserstrahl mit ringförmiger Intensitätsverteilung hälftig durch eine von der Seite eingeführte Blende abgeschattet wird. Bei diesem bekannten Verfahren sind ebenfalls die Möglichkeiten zur Variation des Brennfleckes begrenzt. Insbesondere ist kein Doppellinienfokus erzeugbar.

In der zitierten DE 42 00 656 C 1 für das Laserstrahlspanen werden keine speziellen Möglichkeiten zur Variation der Intensitätsverteilung im Laserstrahl beschrieben. Ferner benötigt das daraus bekannte Verfahren ein Reaktionsgas für die Spanablösung, was den Aufwand erhöht.

Es ist auch bekannt, mittels eines Laser-Linsensystems (z.B. Axicon) oder einer Scanneroptik über eine optische Strahlformung ein vorgegebenes Intensitätsprofil zu erzeugen. Mit diesen bekannten optischen Maßnahmen kann im speziellen ein ringförmiges und generell auch ein beliebiges Intensitätsprofil erzeugt werden, jedoch liegt der Nachteil in der Notwendigkeit der Integration einer kostspieligen Zusatzoptik, die zudem Verschleiß unterliegt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs bezeichnete Verfahren so zu führen bzw. die zugehörige Vorrichtung so auszubilden, daß eine kostengünstige und justagearme Erzeugung von einer Vielzahl von geeigneten Intensitätsverteilungen im hochenergetischen elektromagnetischen Strahl möglich ist.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt für das Verfahren gemäß den Schritten:

- Erzeugen eines hochenergetischen elektromagnetischen Strahles,
- Führen dieses Strahles fokussiert zu einem Brennfleck auf den zu bearbeitenden Bereich des Bauteiles, und
- Vorgabe einer bestimmten Intensitätsverteilung im Strahl durch mindestens eine rotationssymmetrische innere Abschattung des elektromagnetischen Strahles unter Vorgabe eines Brennfleckes mit mindestens zwei nebeneinander liegenden eiförmigen Intensitätsmaxima.

Hinsichtlich der zugehörigen Vorrichtung gelingt die Lösung der Aufgabe durch eine Vorrichtung mit:

- einer Strahlquelle zur Erzeugung eines hochenergetischen elektromagnetischen Strahles,
- optischen Mitteln zum Führen dieses Strahles fokussiert zu einem Brennfleck auf den zu bearbeitenden Bereich des Bauteils, und
- einer im Strahl angeordneten Blendenanordnung zur Vorgabe einer bestimmten Intensitätsverteilung im Strahl durch mindestens eine rotationssymmetrische innere Abschattung des Strahles unter Vorgabe eines Brennfleckes mit mindestens zwei nebeneinander liegenden eiförmigen Intensitätsmaxima.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen ermöglichen eine kostengünstige und justagearme Erzeugung einer Vielzahl von dem jeweiligen Zweck angepaßten Intensitätsverteilungen. Da für die typischen Anwendungen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der zugehörigen Vorrichtung nur geringe Laserleistungen von unter 100 W eingestellt werden, bedingt zwar der Absorptionsverlust der Strahlung an der die innere rotationssymmetrische Abschattung bewirkenden Blende die Verwendung einer Strahlquelle mit erhöhter Ausgangsleistung. Den hierdurch entstehenden Mehrkosten stehen jedoch erheblich reduzierte Kosten für optische Verschleißteile und ein deutlich verringerter Justageaufwand gegenüber.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist der hochenergetische elektromagnetische Strahl ein Laserstrahl.

Laserstrahlen sind besonders geeignet, schmale hochenergetische Brennflecke zu erzeugen und sie lassen sich auch mit optischen Mitteln verhältnismäßig einfach formen. Sie werden daher in der Praxis auch überwiegend benutzt, wenngleich die Erfindung darauf nicht beschränkt sein soll.

Die vorgenannten Vorteile werden besonders ausgeprägt erzielt, wenn das elektromagnetische Strahlenbündel ein Laserstrahl, vorzugsweise eines CO

oder CO₂-Lasers, ist. Dieser CO₂-Laser emittiert Licht im fernen infraroten Bereich bei einer Wellenlänge von 10,6 μm . Diese Wärmestrahlung zeigt erhebliche Besonderheiten bei der Wirkung auf Materie. So wird sie von den meisten, im sichtbaren Licht transparenten Materialien stark absorbiert.

Der Umstand der starken Absorption in Glas wird hier verwendet, um das Glas zu erhitzen. Bei einem Absorptionskoeffizienten von 10^3 cm^{-1} wird 95 % der Leistung in einer 30 μm dicken Schicht absorbiert.

Darüber hinaus eignet sich der CO₂-Laser, wie auch jeder andere Laser, der vom Material genügend stark absorbiert wird, zum abschließenden Verschmelzen und Verrunden der scharfkantig gebrochenen Kerbe.

Aufgrund der unterschiedlichen Absorptionsbanden der einzelnen Materialien wird vorzugsweise ein in der Wellenlänge abstimmbarer Laser eingesetzt. So kann für jedes Material die Wellenlänge eingestellt werden, bei der dieses die stärkste Absorption zeigt, so daß die Energieverluste minimiert werden.

Z.B. ist die Absorptionskante im Glas sehr stark von der Wellenlänge des Lasers abhängig, da die verwendete Strahlung an der Schulter einer Vibrationsbande der oxidischen Bindung liegt. Es gibt spezielle CO₂-Laser, die mit Hilfe eines Interferenzgitters die emittierte Wellenlänge von 9,4 bis 11,8 μm verändern können. Das Absorptionsspektrum hängt auch sehr empfindlich von der chemischen Zusammensetzung des Glases ab. Eine höhere oder niedrigere Absorptionskante wird abhängig von den thermischen und mechanischen Eigenschaften der Glasmischung zu unterschiedlichen Ergebnissen beim Absprengen führen. Deshalb sollte die Wellenlänge auf die Glassorte optimiert werden.

Weitere ausgestaltende Merkmale sowie Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen der Erfindung.

Es zeigen:

- Fig. 1 in einer schematischen Darstellung den prinzipiellen Aufbau einer optischen Anordnung mit einem Laserstrahl und einer erfindungsgemäß ausgebildeten Blende zur Strahlformung zum Zwecke der Intensitätsverteilung im Laserstrahl,
- Fig. 2 in einer stark schematisierten, vergrößerten Darstellung zwei mögliche technische Ausführungen der Blende in der Anordnung nach Fig. 1, und zwar in der Teilfigur A eine Blende in Form eines Drahtes oder Rohres zur Intensitätsverteilung im Laserstrahl, sowie in der Teilfigur B eine streifenförmige drehbare Blende zur einstellbaren Intensitätsverteilung, und
- Fig. 3 in fünf Teilfiguren A - E verschiedene Beispiele für Intensitätsverteilungen des Laserstrahles auf dem zu bearbeitenden Werkstück, erzeugt durch unterschiedliche Blenden bzw. deren Einstellung.

Die Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine optische Anordnung zur Erzeugung der erfindungsgemäßen Intensitätsverteilung am Beispiel eines Laserstrahles 1, der aus einem nicht dargestellten Laser, vorzugsweise einem CO₂-Laser, kommt. Im Laserstrahlengang ist mittig eine Blende 2 eingebracht, von der zwei typische Ausführungsformen in den beiden Teilansichten A und B der Fig. 2 dargestellt sind. Im Strahlengang befindet sich weiterhin ein Umlenkspiegel 3, der den Laserstrahl auf ein Werkstück 4 aus sprödebrüchigem Material, z.B. Glas, umlenkt, das mit einer bestimmten

Vorschubgeschwindigkeit in Pfeilrichtung bewegt wird. Zwischen dem Umlenkspiegel 3 und dem Werkstück 4 befindet sich eine Fokussiereinheit 5. Diese Fokussiereinheit kann eine Linse oder ein Spiegel sein, die zylindrisch ausgebildet sein kann.

Diese optischen Elemente erzeugen auf dem Werkstück 4 einen Brennfleck 6 entsprechend der erfindungsgemäßen Intensitätsverteilung im Laserstrahl, die maßgebend durch die erfindungsgemäß ausgebildete Blende 2 bestimmt wird.

Der Aufbau der beschriebenen optischen Anordnung und die Wirkungsweise ist grundsätzlich bekannt, mit Ausnahme der speziell ausgebildeten Blende 2, so daß an dieser Stelle die Funktion nicht näher beschrieben werden muß.

Der Aufbau der erfindungsgemäß ausgebildeten Blende 2 in Fig. 1 erfolgt im einfachsten Fall gemäß Fig. 2, Teil A durch einen Draht oder auch ein Rohr 2 a mit dem Durchmesser D. Dadurch tritt eine innere rotationssymmetrische Abschattung des Laserstrahles 1 entsprechend dem Maß D ein, was unter Einwirkung der Fokussiereinheit 5 zu einer Fokussiergeometrie, einem Doppelfokus, entsprechend Fig. 3, Teil A führt. Die Blende 2 a erzeugt daher in Verbindung mit der Fokussiereinheit 5 eine Einschnürung der Intensitätsverteilung, was auf dem Werkstück 4 den beschriebenen Doppelfokus 6 mit zwei nebeneinander angeordneten Laserstrahl-Peaks 6 a und 6 b erzeugt. Die schwarzumrandeten Zonen stellen dabei Zonen abnehmender Intensität dar.

Anstelle des Drahtes bzw. Rohres 2 a in Fig. 2 A kann auch eine senkrecht zur Strahlrichtung drehbare streifenförmige Blende 2 b gemäß Fig. 2 B verwendet werden. Ein Verstellwinkel $\Delta\phi$ aus der Strahlmitte heraus bewirkt dabei eine Abschattung Δx , was ebenfalls, wie anhand der Blende nach Fig. 2 A bereits beschrieben, zu dem Doppelfokus nach Fig. 3 A führt.

Durch die Drehung der Blende 2 b läßt sich deren effektive Breite stufenlos einstellen. Hieraus ergibt sich eine Variation des Abstandes der beiden Intensitätsabschnitte und eine Änderung der Laserleistung am Wirkort. Die exakte laterale Justage der Blenden 2 a und 2 b zur Laserstrahlmitte erfolgt durch deren Verschiebung. Die Blende wird hierbei derart verschoben, daß die Leistung der transmittierten Strahlung einen Minimalwert erreicht.

Durch die Verwendung eines Blendenmaterials aus einem Metall (z.B. Kupfer, Aluminium oder Stahl) wird ein Verschleiß der Blende verhindert und gleichzeitig durch eine gute Wärmeableitung ein thermisch bedingter Verzug vermieden.

Wie man insbesondere aus Fig. 2 erkennt, erfolgt durch die erfindungsgemäße Blendenanordnung eine rotationssymmetrische Abschattung im Innern des Laserstrahles, im Gegensatz zur Schlitzblende nach der eingangs zitierten DE 43 05 107 A 1, die den Laserstrahl von außen kommend abschattet, so daß der innere Teil des Laserstrahles unbeeinflusst bleibt und die wesentliche Energie für den Brennfleck liefert. Die erfindungsgemäße innere rotationssymmetrische Ausblendung des Laserstrahles ermöglicht, wie noch ersichtlich wird, eine wesentlich größere Variation der Geometrie des fokussierten Brennfleckes durch entsprechende Intensitätsverteilungen im Strahl.

In den Figuren 1 und 2 ist jeweils nur eine Blende 2 bzw. 2 a, 2 b vorgesehen. Es ist auch denkbar, mehrere Blenden zu verwenden, die in definierten Winkeln zueinander stehen, um eine weitere Variation der Intensitätsverteilung zu bewirken.

Bei Verwendung von beispielsweise zwei Blenden entsprechend Fig. 2 oder durch Ausnutzung von Beugungseffekten läßt sich beispielsweise eine Brennfleckgeometrie 6' entsprechend Fig. 3 B mit drei Peaks 6'a, 6'b, 6'c

erzielen. Bei Verwendung einer Optik, die nur in einer der beiden Hauptebenen fokussiert, kann eine Intensitätsverteilung erzeugt werden, die in einer Richtung verzerrt ist. Ferner ist durch die Einbringung von mehreren Blenden eine weitere Modifikation möglich. Fig. 3 D zeigt die durch die Verwendung von zwei rechtwinklig angeordneten Blenden erzeugte Intensitätsverteilung 6'' mit vier Peaks 6'' a, b, c, d. Hiermit ist eine Bearbeitung von rechtwinkligen Konturen möglich, ohne die Strahlformung und -führung entsprechend der Vorschubrichtung zu drehen oder nachzufahren. Durch die Variation des Einfallswinkels der Laserstrahlung läßt sich die Intensitätsverteilung zu einem offenen "V" verzerren (Fig. (3 E)).

Zur Bearbeitung großer Flächen kann die parallele Bearbeitung in räumlich getrennten Bereichen des Werkstückes 4 erforderlich sein. Es ist zwar grundsätzlich möglich, mehrere Laserstrahlquellen einzusetzen oder einen Laserstrahl über Strahlteiler zu separieren und getrennt zum Werkstück zu führen, dieser Ansatz führt jedoch zu einem beträchtlichem Justageaufwand.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung erfolgt eine Strahlteilung über eine diffraktive Optik und eine nachgeschaltete Strahlformung über ein Blendensystem nach der Erfindung bzw. in der Strahlteilung und -formung über eine diffraktive Optik. Ein derartiges System erzeugt eine Vielzahl von Laserspots, die durch den Einsatz eines Blendensystems die simultane Bearbeitung an mehreren Stellen ermöglicht. Weiterhin ist der Aufbau eines derartigen optischen Systems durch die Verwendung von Lichtleitfasern oder Hohlwellenleitern und einem nachgeschalteten Blendensystem nach der Erfindung denkbar.

Durch die Variation des Einfallswinkels des modifizierten Laserstrahles 1 auf das Werkstück 4 läßt sich die erzeugte Intensitätsverteilung dahingehend modifizieren, daß anstelle des Doppelfokus nach Fig. 3 A zwei längliche parallele Linienfokusse 6''' a, b entsprechend der Brennfleckgeometrie 6'''

nach Fig. 3 C entstehen, die auch zu einem Brennfleck 6'''' mit offenem "v" nach Fig. 3 E bzw. mit anderen Intensitätsverteilungen entsprechend verzerrt werden können.

Die Breite der erzeugten Intensitätsverteilungen liegt vorzugsweise zwischen 0,5 bis 5 mm. Die Länge des Wirkortes auf der Werkstückoberfläche kann bis zu 40 mm betragen.

Das beschriebene Verfahren läßt sich für alle spröden Materialien verwenden, die sich durch thermische Spannung brechen lassen (z.B. Keramik, Steine, Kristalle). Die Strahlungsquelle muß dabei in der Wellenlänge den Absorptionseigenschaften der Materialien angepaßt werden.

Mögliche Anwendungen von Stählen mit der erfindungsgemäßen Intensitätsverteilung liegen insbesondere von Glas im Laserstrahlschneiden und Laserstrahlspanen von spröden Werkstoffen. Im ersten Fall erfolgt eine Durchtrennung beispielsweise einer Glasplatte oder eine Abtrennung eines Glasrandes bei der Kelchglasherstellung. Beim Laserstrahlspanen werden Strukturen in das Glas eingebracht, z.B. Kerben in eine Kanalplatte für moderne Flachbildschirme. Bei Erzeugung einer definierten Intensitätsverteilung der eingesetzten Strahlungsquelle kann in Verbindung mittels einer abgestimmten Kombination von Leistung und Vorschubgeschwindigkeit bewirkt werden, daß sich das zu entfernende Werkstoffvolumen in Form von Spänen unter Ausbildung der Strukturen ablöst. Die Variation der Intensitätsverteilung bewirkt dabei eine Steuerung der Temperaturverteilung in der Werkstückoberfläche und dadurch eine Änderung der erzeugten Maßhaltigkeit der Strukturen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung von Bauteilen aus sprödbrüchigen Werkstoffen mit den Schritten:
 - Erzeugen eines hochenergetischen elektromagnetischen Strahles,
 - Führen dieses Strahles fokussiert zu einem Brennfleck auf den zu bearbeitenden Bereich des Bauteiles, und
 - Vorgabe einer bestimmten Intensitätsverteilung im Strahl durch mindestens eine rotationssymmetrische innere Abschattung des elektromagnetischen Strahles unter Vorgabe eines Brennfleckes mit mindestens zwei nebeneinander liegenden eiförmigen Intensitätsmaxima.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der hochenergetische elektromagnetische Strahl ein Laserstrahl, vorzugsweise eines CO- oder CO₂-Lasers, ist, dessen Wellenlänge dem spektralen Absorptionsmaximum des zu bearbeitenden Bauteiles entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe des Querschnittes der inneren Abschattung einstellbar ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei oder mehr innere Abschattungsbereiche ausgebildet sind.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der elektromagnetische Strahl geteilt wird und in jedem Teilbündel eine bestimmte Intensitätsverteilung durch mindestens

eine rotationssymmetrische innere Abschattung vor der Fokussierung der Teilbündel auf dem Bauteil vorgegeben wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Strahlbündel schräg auf das Bauteil geführt wird.
7. Vorrichtung zur Bearbeitung von Bauteilen (4) aus sprödbrüchigen Werkstoffen, mit:
 - einer Strahlquelle zur Erzeugung eines hochenergetischen elektromagnetischen Strahles (1),
 - optischen Mitteln (3, 5) zum Führen dieses Strahles fokussiert zu einem Brennfleck auf den zu bearbeitenden Bereich des Bauteils, und
 - einer im Strahl (1) angeordneten Blendenanordnung (2, 2a, 2b) zur Vorgabe einer bestimmten Intensitätsverteilung im Strahl (1) durch mindestens eine rotationssymmetrische innere Abschattung des Strahles (1) unter Vorgabe eines Brennfleckes (6) mit mindestens zwei nebeneinander liegenden eiförmigen Intensitätsmaxima (6a, 6b).
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strahlquelle ein Laser ist, vorzugsweise ein CO₂-Laser, dessen Wellenlänge auf das spektrale Absorptionsmaximum des zu bearbeitenden Bauteils abgestimmt ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Blendenanordnung aus einem Draht oder Rohr (20) besteht.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Blendenanordnung aus einer streifenförmigen Blende (2b) besteht, die drehbar quer im Strahlengang angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Blendenanordnungen nebeneinander im Strahl angeordnet sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem Strahlengang eine diffraktive Optik zur Erzeugung von räumlich getrennten Teilstrahlen angeordnet ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß in jedem Teilstrahl mindestens eine Blendenanordnung für die rotationssymmetrische innere Abschattung im Teilstrahl vorgesehen ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß Lichtleitfasern oder Hohlwellenleiter zur Strahlteilung in Kombination mit einem Blendensystem zur inneren Abschattung der Teilbündel vorgesehen sind.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strahlführenden optischen Mittel (3, 5) so angeordnet sind, daß der Strahl (1) schräg auf das zu bearbeitende Bauteil (4) auftrifft.

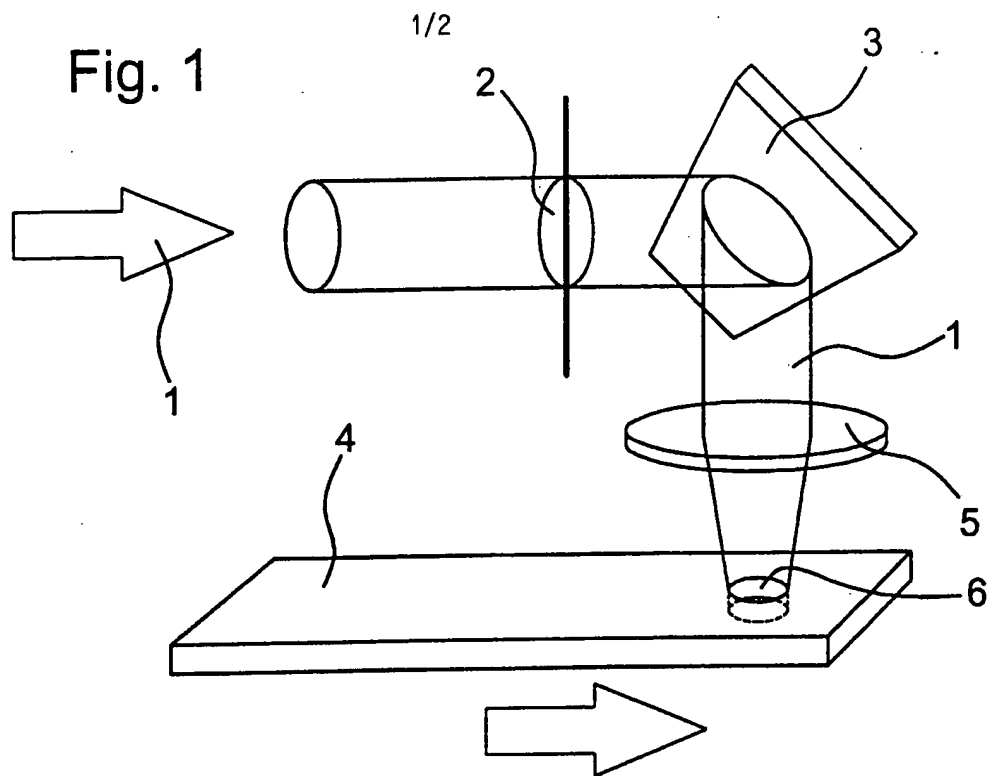


Fig. 2

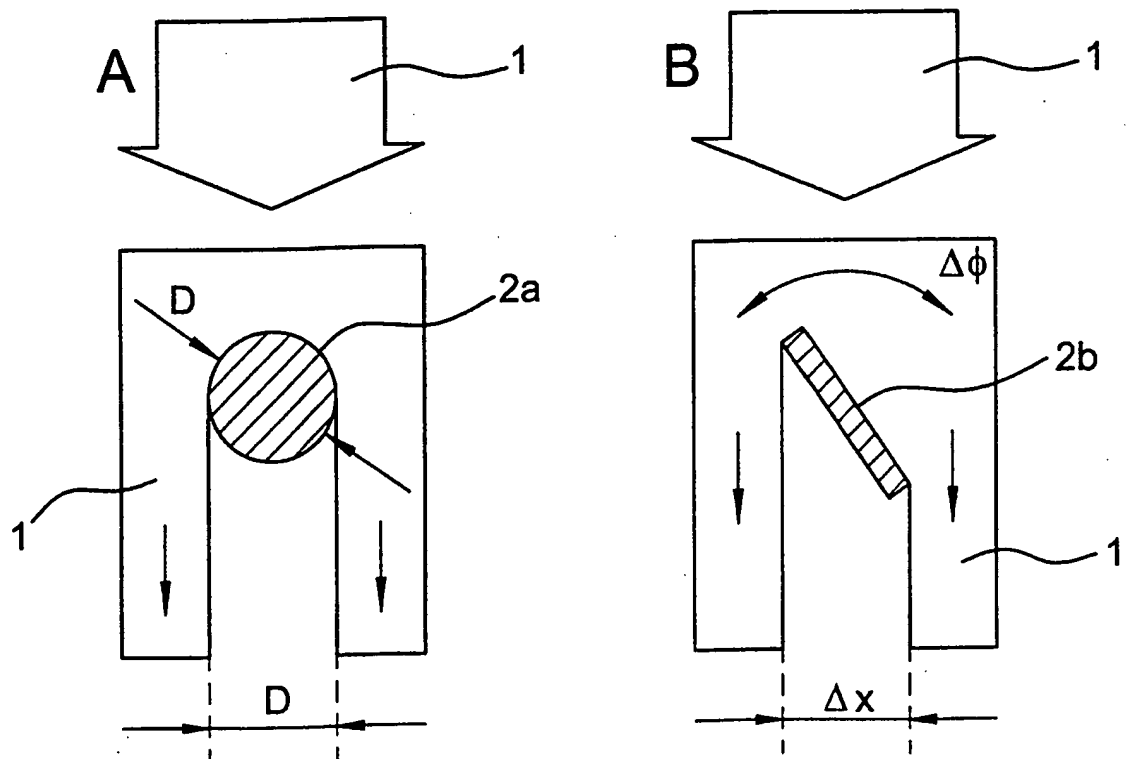
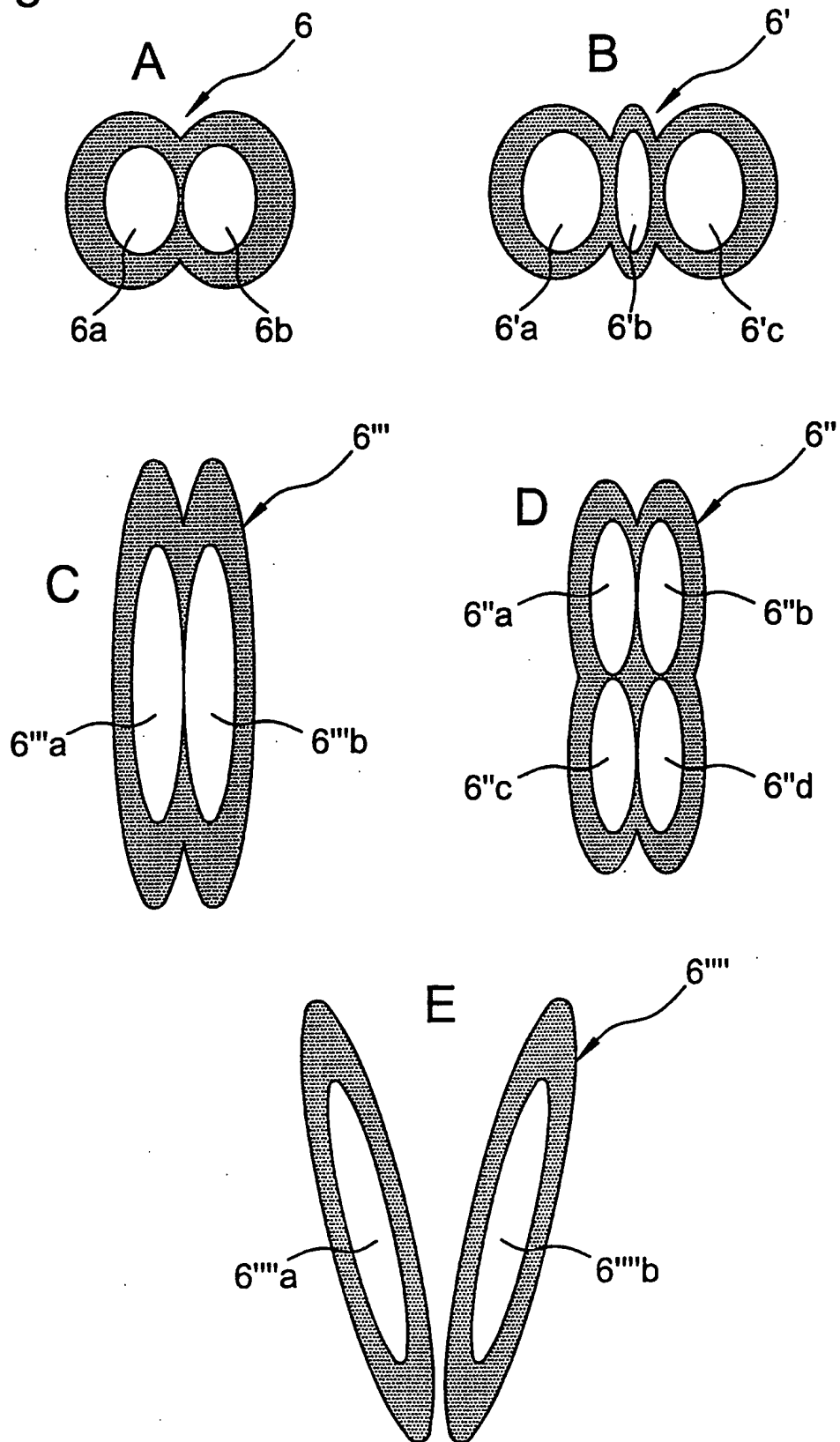


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/04965

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B23K26/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 038 220 A (RAYTHEON CO) 23 July 1980 (1980-07-23) page 1, line 59 -page 2, line 19; figure 1	1-8,15
X	US 5 394 270 A (STURM JOSEPH) 28 February 1995 (1995-02-28) column 2, line 58 -column 3, line 7; figure 1	1,2,4,7, 8,10,11
X	EP 0 601 857 A (MENICON CO LTD) 15 June 1994 (1994-06-15) page 7, line 28; figures 1,7,8	1,2,4,5, 7,8 14
X	EP 0 098 048 A (PHILIP MORRIS INC) 11 January 1984 (1984-01-11) page 6, paragraph 2; figure 1	1,2,7,8, 10-12
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 November 1999

Date of mailing of the international search report

10/12/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Caubet, J-S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/04965

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 429 368 A (COMMISSARIAT ENERGIE	14
A	ATOMIQUE) 29 May 1991 (1991-05-29) claim 5; figure 7 -----	1,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/04965

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2038220 A	23-07-1980	CA 1123920 A DE 2934407 A FR 2434002 A IT 1120489 B JP 55030895 A JP 63049594 B NL 7906042 A US 4327277 A	18-05-1982 06-03-1980 21-03-1980 26-03-1986 04-03-1980 05-10-1988 26-02-1980 27-04-1982
US 5394270 A	28-02-1995	DE 4235165 A EP 0593961 A JP 6202038 A	21-04-1994 27-04-1994 22-07-1994
EP 0601857 A	15-06-1994	JP 6230321 A DE 69317228 D DE 69317228 T HK 1008755 A	19-08-1994 09-04-1998 15-10-1998 14-05-1994
EP 0098048 A	11-01-1984	NONE	
EP 0429368 A	29-05-1991	FR 2654843 A	24-05-1991

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/04965

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B23K26/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 038 220 A (RAYTHEON CO) 23. Juli 1980 (1980-07-23) Seite 1, Zeile 59 -Seite 2, Zeile 19; Abbildung 1	1-8, 15
X	US 5 394 270 A (STURM JOSEPH) 28. Februar 1995 (1995-02-28) Spalte 2, Zeile 58 -Spalte 3, Zeile 7; Abbildung 1	1, 2, 4, 7, 8, 10, 11
X	EP 0 601 857 A (MENICON CO LTD) 15. Juni 1994 (1994-06-15)	1, 2, 4, 5, 7, 8
Y	Seite 7, Zeile 28; Abbildungen 1, 7, 8	14
X	EP 0 098 048 A (PHILIP MORRIS INC) 11. Januar 1984 (1984-01-11) Seite 6, Absatz 2; Abbildung 1	1, 2, 7, 8, 10-12
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. November 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/12/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Caubet, J-S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/04965

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 429 368 A (COMMISSARIAT ENERGIE	14
A	ATOMIQUE) 29. Mai 1991 (1991-05-29) Anspruch 5; Abbildung 7 -----	1,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/04965

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2038220 A	23-07-1980	CA 1123920 A	18-05-1982
		DE 2934407 A	06-03-1980
		FR 2434002 A	21-03-1980
		IT 1120489 B	26-03-1986
		JP 55030895 A	04-03-1980
		JP 63049594 B	05-10-1988
		NL 7906042 A	26-02-1980
		US 4327277 A	27-04-1982
US 5394270 A	28-02-1995	DE 4235165 A	21-04-1994
		EP 0593961 A	27-04-1994
		JP 6202038 A	22-07-1994
EP 0601857 A	15-06-1994	JP 6230321 A	19-08-1994
		DE 69317228 D	09-04-1998
		DE 69317228 T	15-10-1998
		HK 1008755 A	14-05-1994
EP 0098048 A	11-01-1984	KEINE	
EP 0429368 A	29-05-1991	FR 2654843 A	24-05-1991